Über
einige Methoden zur Untersuchung der Augen mit Bewegungsreizen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Pleikart Stumpf.

Wiesbaden.
Verlag von J. F. Bergmann.
1914.

Über
einige Methoden zur Untersuchung der Augen mit Bewegungsreizen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Pleikart Stumpf.

ACAD. LUDWIG BAT. BIBL.

Wiesbaden.
Verlag von J. F. Bergmann.
1914.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität München.

Referent: Geheimrat Professor Dr. von Hess.

Druck von Carl Ritter, G. m. b. H., Wiesbaden.

In der Physiologie der Sinne ist zurzeit das Kapitel der visuellen Bewegungsempfindung ein sehr umstrittenes Gebiet. Mag man sich aber auf einen beliebigen theoretischen Standpunkt stellen, so bleibt es doch eine Tatsache, dass dem Bewegungssehen besondere physiologische Eigentümlichkeiten zukommen, die eine eigene Behandlung und Durchmusterung auf eventuelle Abweichungen in pathologischen Fällen rechtfertigen. Machen wir uns zunächst ein Bild von diesen physiologischen Eigentümlichkeiten: Nehmen wir an, es befinde sich eine Mannigfaltigkeit von Helligkeiten und Farben auf der Netzhaut in Ruhe, und es ändere nun ein Reiz in wahrnehmbarer Geschwindigkeit seinen Ort, so entsteht an der früheren, wie an der neuen Stelle ein Wechsel von dissimilatorischen und assimilatorischen Vorgängen, der bei Berücksichtigung der gegensinnigen Induktion infolge der Kontrastverschärfung jeweils grösser ist als dem objektiven Reiz entsprechen würde. Diese Wechsel, die aus rasch ablaufenden D- und A-Vorgängen, also physiologischen Prozessen bestehen, sind zunächst charakteristisch für den Bewegungsreiz. Das An- und Abklingen der Erregungen vollzieht sich in verschiedenen Phasen, wie dies C. v. Hess[1]) in einer Kurve skizziert hat. Dadurch und durch die Übereinanderlagerung der einzelnen Phasen werden die Erregungsschwankungen an den gereizten Punkten noch gewaltig vermehrt, so dass bei der kontinuierlichen Bewegung eines objektiven Reizes eine ausserordentlich grosse Anzahl von physiologischen Vorgängen ablaufen müssen. Wir dürfen uns nun allerdings nicht vorstellen, dass der Bewegungsreiz, wenigstens, wenn er mit Bewegungssehen einhergehen soll, gekennzeichnet ist durch einen grossen Wirrwarr von physiologischen Prozessen, sondern er verlangt eine genaue Ordnung der Erregungsübergänge, wie ich sie in einer früheren Arbeit[2]) angegeben habe. Die oben skizzierte Summe von physiologischen Prozessen, wie wir sie bei Bewegungsreizen, von Herings Grundanschauungen ausgehend, annehmen müssen, hat natürlich auch ihre

[1]) Arch. f. ges. Physiol., Bd. 95, 1903.

[2]) Über die Abhängigkeit der visuellen Bewegungsempfindung und ihres negativen Nachbildes von den Reizvorgängen auf der Netzhaut. Zeitschr. f. Psychol., Bd. 59, 1911.

psychischen Korrelate, die im allgemeinen in der Wahrnehmung von Veränderungen, bezw. bei bestimmter Ordnung in der Wahrnehmung von Bewegungen bestehen. Noch ein weiteres physiologisches Charakteristikum kommt den Bewegungsreizen zu. Das sind die bekannten Bewegungsnachbilder. Die Summe von physiologischen Prozessen, wie sie durch kontinuierliche Bewegungsreize hervorgerufen werden, hinterlässt Nachwirkungen, die psychisch den Eindruck einer Bewegung im entgegengesetzten Sinne der Vorbewegung machen. Durch die genannten physiologischen und psychologischen Eigentümlichkeiten ist das Bewegungssehen, ganz abgesehen von irgend einer Theorie, für seine Sonderstellung genügend charakterisiert.

In der vorliegenden Arbeit stellte ich mir nun die Aufgabe, einige Untersuchungsmethoden auszuarbeiten, die mit regelmäfsigen Bewegungsreizen, vor allem solchen, die starke Bewegungsnachbilder geben, operieren. Analog den täglich geübten Gesichtsfeldaufnahmen mit ruhenden Farben und Helligkeiten untersuchte ich Normale und Patienten mit genau kontrollierbaren, regelmäfsigen Bewegungsreizen, und legte dabei den Hauptwert auf den Vergleich zwischen den beiden Methoden.

Das Neue liegt dabei lediglich in der Verwendung regelmäfsiger, kontinuierlicher Bewegungen. Die vielfach bei Gesichtsfeldaufnahmen üblichen, unregelmäfsigen Zitterbewegungen besitzen eben in der Unregelmäfsigkeit der Bewegung, wie in der wechselnden Grösse des gereizten Feldes eine Quelle der Ungenauigkeit, die ich tunlichst vermeiden wollte.

In einer zweiten Gruppe untersuchte ich im fovealen Sehen das Erkennen der Bewegungsrichtung bei raschen Linienverschiebungen. Ich ging dabei von der Beobachtung aus, dass bei allmählich gesteigerter Geschwindigkeit auch normalerweise das Erkennen der Richtung immer unsicherer wird; das Sehfeld flimmert aber noch einige Zeit, bis die Verschmelzungsfrequenz erreicht ist. Das Erkennen der Bewegungsrichtung erfordert offenbar ein sehr feines Funktionieren der nervösen Organe und es lag die Vermutung nahe, dass beim Nachlassen der Funktion infolge pathologischer Veränderungen auch das Richtungserkennen gestört sein würde. Diese Überlegung war mir für die Ausarbeitung der Methode mafsgebend.

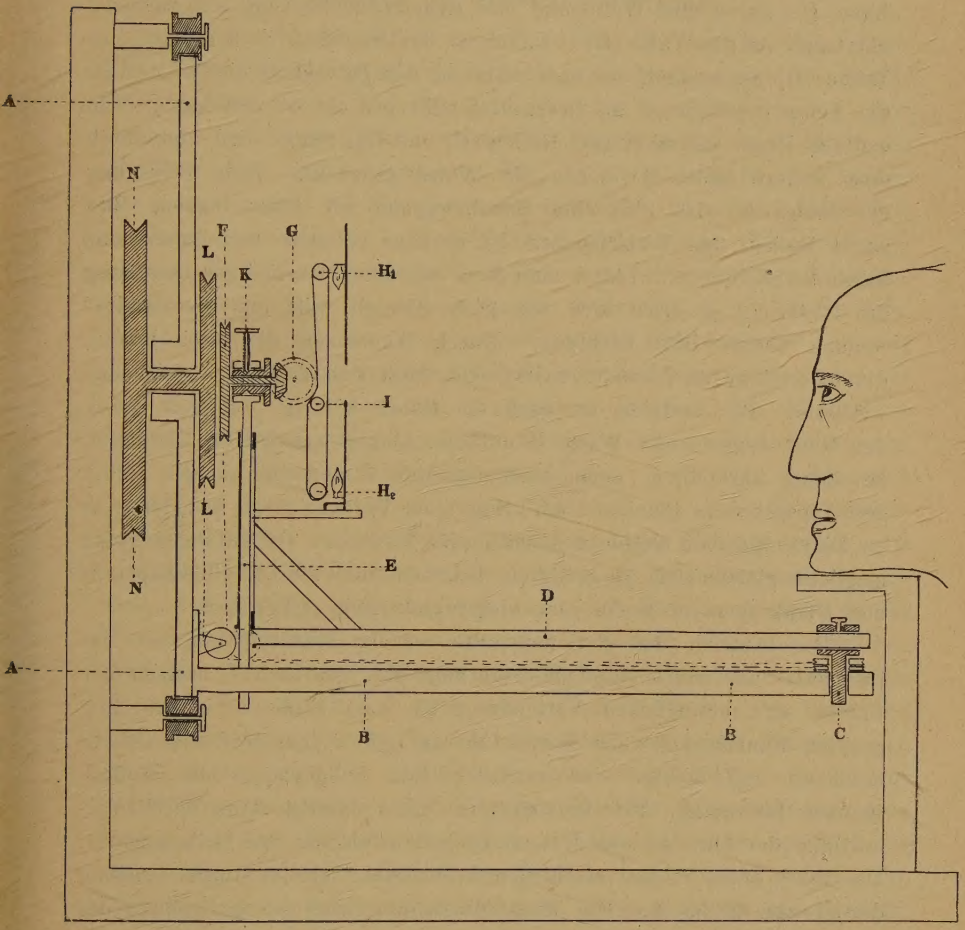
Bei den Untersuchungen legte ich das Hauptgewicht auf die methodischen Prüfungen, und habe daher von der Heranziehung einer grösseren Anzahl von pathologischen Fällen vorläufig noch abgesehen.

Zu den Versuchen benötigte ich einige Apparate, auf die wir zunächst eingehen wollen.

Technisches [1]).

Das Bewegungsperimeter hat folgende Einrichtung (vgl. die schematisierte Konstruktionszeichnung Fig. 1):

Fig. 1.



Ein Rad (A) von 32 cm Durchmesser ist in drei Rollen, die am Rande angreifen, vertikal gelagert. Am Ende eines Durchmessers ist ein Arm (B) von ca. 40 cm Länge senkrecht darauf gestellt. Derselbe trägt am freien Ende ein Lager in dem sich ein Zapfen (C) und mit

[1]) Die hier beschriebenen Apparate stellt die Firma R. Jung, Heidelberg, nach meinen Angaben her.

diesem Zapfen ein fast eben so langer Arm (D) drehen kann. Dieser letztere ist am anderen Ende rechtwinklig abgebogen, und trägt einen Einsatz, an dem sich der Rollenapparat befindet. Dieser ist auf eine Stange (E) montiert, und so eingerichtet, dass die Bewegung eines Rades (F) durch eine Welle und eine Kegelradübersetzung sich zunächst überträgt auf die Walze (G). Dabei ist das Kegelrad in der Mitte der Walze (G) angeordnet, so dass während der Bewegung die Walze um die Achse des Rades F als Drehmittelpunkt gedreht werden kann. Ein endloses Band, das über zwei Rollen (H_1 und H_2) läuft, wird nun durch eine weitere Rolle (I) gegen die Walze gedrückt. Eine Bewegung des Rades F wird also eine Bandbewegung zur Folge haben. Das ganze Rollen- und Walzengestell ist drehbar gelagert und durch eine Schraube (K) fixiert. Lüftet man diese Schraube während der Bewegung des Rades F, so dreht sich das ganze Gestell mit, und die Bandbewegung ändert ihre Richtung. Durch Abnehmen der drei Rollen, die federnd gegen einander fixiert sind, lässt sich das Band leicht auswechseln. Des weiteren ist noch ein Hebel wichtig, der den Druck der Rolle I gegen die Walze G aufhebt, und es ermöglicht, die Bandbewegung anzuhalten, auch wenn das Rad F und die übrigen Räder des Apparates in Betrieb sind. Vor dem Rollenapparat befindet sich ein Diaphragma mit leicht auswechselbaren Blenden. Um die Beleuchtung möglichst gleichmäfsig zu gestalten, befinden sich zwischen Rollenapparat und Diaphragma noch ein paar kleine elektrische Lämpchen.

Der Antrieb des Rollenapparates erfolgt vom Mittelpunkt des Perimeters aus durch eine Schnurführung, die vom Rade L entlang der starren und beweglichen Verbindung bis zum Rade F läuft. Zum exakten Funktionieren der Schnurführung erwies sich noch ein Druckrädchen, und infolge der veränderlichen Schnurlänge ein Fadenspanner für nötig. Ein feststehender Motor bewegt dann durch Vermittlung des Antriebsrades N und der Schnurführung den Rollenapparat. Die Einstellung in die verschiedenen Meridiane erfolgt durch Drehung des grossen Rades A. Die Winkeleinstellung wird durch Drehung des Armes D um den Zapfen C erreicht. Das Auge des Patienten wird in den Mittelpunkt des vom Zapfenlager C bei der Drehung des Rades A beschriebenen Kreises gebracht. Der Fixationspunkt befindet sich in der Verlängerung der Achse des Antriebsrades. Eine Kinnstütze sorgt des weiteren für die Fixation des Kopfes.

Zu den Versuchen über die Erkennung der Richtung bei fovealer Fixation verwandte ich den beschriebenen Rollenapparat allein, der dann

auf ein eigenes festes Stativ mitsamt dem der Beleuchtungseinrichtung und dem Diaphragma gesetzt wurde. Durch Lüftung der Schraube K konnte jeweils rasch die Richtung der Bandbewegung geändert werden.

Versuche am Bewegungs-Perimeter.

Mit dem beschriebenen Apparat wurden die Versuche derart angestellt, dass der Bewegungsreiz langsam von aussen in das Gesichtsfeld hereingeführt wurde. Die Vp. hatte zunächst nur anzugeben, ob etwas Bewegtes in der Peripherie erscheine. Durch zeitweises Sistieren der Bandbewegung war es leicht die Vp. auf die Richtigkeit der Angabe zu kontrollieren. Als Bewegungsreiz verwandte ich scharf konturierte schwarzweisse Linien von ca. 1 cm Breite, die sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 30—40 cm pro Sekunde senkrecht zu ihrer Richtung bewegten. Das sichtbare Feld bestand in einem Kreis von 2 cm Durchmesser. Sobald die Vp. die Bewegung notierte, wurde auch nach der Richtung gefragt. Unter mehrmaligem Ändern der Richtung wurde dann der Rollenapparat so lange dem Fixierpunkt genähert, bis dieselbe in allen Fällen richtig angegeben wurde. Dabei verwandte ich nur Richtungen, die eine einfache Bezeichnung ermöglichten, z. B. von rechts nach links, von oben nach unten, von hinten nach vorn etc. Dies genügte um sich darüber zu orientieren, ob die Richtung erkannt wurde. Im Anschluss an diese Prüfung wurde dasselbe mit ruhendem Band wiederholt, und der Vp. aufgetragen zu sagen, sobald etwas Weisses in der Peripherie erscheine. Dieser Punkt wurde dann ebenfalls markiert. Auf diese Weise habe ich 20 Fälle, die meisten 4—5 mal untersucht; darunter befanden sich 6 Fälle von tabischer Atrophie, 2 Fälle von neuritischer Atrophie, 1 Fall von Atrophie nach Schädelfraktur, eine glaukomatöse Atrophie; die übrigen waren normale Fälle. Es lag mir nicht daran, Ergebnisse mit der neuen Methode herauszufinden, dazu wären viel mehr Fälle nötig gewesen, sondern ich wollte lediglich die Möglichkeit der Verwendung dieser Methode bei Patienten untersuchen. Zunächst war es daher nötig, sich von der Genauigkeit der Methode, ihrer Fehlergrenzen und Fehlerquellen ein Bild zu machen.

Gleich bei den ersten Versuchen fiel mir auf, dass die Patienten mit viel grösserer Sicherheit das Erscheinen des Bewegungsreizes ansagten, als man dies bei den gewöhnlichen Perimeteruntersuchungen gewohnt ist. Ich fragte nach Beendigung der Versuche alle Patienten darüber aus, was leichter sei, eine ruhende Marke, oder den Bewegungsreiz wahrzunehmen, und bekam von allen die übereinstimmende Antwort,

dass das Erscheinen des Bewegungsreizes bedeutend leichter zu erkennen sei. Bei mehreren Kontrollversuchen zeigten sich die Winkeleinstellungen gut übereinstimmend, und zwar wesentlich genauer übereinstimmend als bei den Versuchen mit ruhenden Objekten. In einigen Fällen habe ich dies auch zahlenmäfsig registriert. Hierfür nebenstehendes Beispiel:

	Winkeleinstellung im horiz. Meridian	
	1. Bewegung	2. Ruhe
	88°	85°
	90°	85°
	93°	79°
	92°	86°
	92°	80°
	89°	80°
	91°	86°
	90°	83°
	90°	77°
	91°	81°
Arithmetisches Mittel	90,3	82,2
Mittlere Variation	0,9	2,6

Unter mittlerer Variation verstehe ich dabei das arithmetische Mittel der Differenzen zwischen arithmetischem Mittel und jeweiligem Winkelwert. In allen untersuchten Fällen erwies sich die mittlere Variation der Winkeleinstellungen bei Verwendung von Bewegungsreizen wesentlich kleiner als bei Verwendung ruhender Reize.

Ein wesentlicher Punkt bei den Untersuchungen erschien mir die Prüfung des Einflusses der Schärfe der Konturen auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes und die Genauigkeit der Angaben. Es ist klar, dass bei Patienten mit schlechter Sehschärfe auf Grund physikalischer Anomalien die Konturen unscharf erscheinen, und wenn dieser Umstand auch schon beim Normalen das Ergebnis beeinflusst, so würde hier der Methode eine gewaltige Fehlerquelle anhaften. Zur Prüfung dieses Punktes setzte ich hinter das Diaphragma verschiedene durchscheinende Papiere, so dass die Linien verschwommen und weniger kontrastreich erschienen. Diese Änderung zeigte unter sonst gleichen Umständen gar keinen Einfluss auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes und die Genauigkeit der Angaben. Selbst dann, wenn die Linien foveal in der Ruhe nur eben noch zu erkennen waren, wurde die Bewegung in der

äussersten Peripherie gut erkannt. Die mittlere Variation betrug in diesem Falle in den drei untersuchten Fällen ca. 1,7°.

Weitere Untersuchungen machte ich über den Einfluss verschiedener Beleuchtung der bewegten Fläche. Zu diesem Zweck brauchte ich lediglich die Helligkeit der Lämpchen hinter dem Diaphragma abzustufen. Auch hier zeigte sich eine weitgehende Unabhängigkeit, die besonders im Vergleich zu den Parallelversuchen mit ruhenden Marken bemerkenswert war. Zu den Versuchen wurde ein engeres Liniensystem gewählt (2 mm abwechselnd weiss-schwarz) um die Verteilung von Weiss im ruhenden Bilde möglichst gleichmäfsig zu lassen. Das Ergebnis eines Versuches zeigt die folgende Tabelle:

	Bewegung	Ruhe
1.	93°	90°
2.	92°	87°
3.	92°	85°
4.	90°	79°
5.	89°	75°
6.	90°	73°
7.	88°	75°

Die Versuche wurden bei Helladaptation ausgeführt, eine weitere Herabsetzung der Beleuchtung war deshalb nicht möglich. Diese Versuche zeigten, dass die Schwankungen der Beleuchtung, wie sie in tageslichtbeleuchteten Räumen nicht zu vermeiden sind, weit mehr die Winkelwerte für ruhende Marken, als die für Bewegungsreize beeinflussen.

Einige Versuche machte ich ferner über den Einfluss der Zahl der Bewegungsreize in der Zeiteinheit auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes. Dabei wurden bei gleichbleibender Geschwindigkeit verschiedene Liniensysteme auf den Rollenapparat gebracht. Ich verwandte solche von 2 mm, 5 mm, 10 mm und 20 mm Streifenbreite. Ein wesentlicher Einfluss auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes liess sich indes bei 5 normalen und 3 pathologischen Fällen nicht konstatieren. Im allgemeinen wurde jedoch nach der Aussage der Patienten die Bewegung der engen Liniensysteme leichter erkannt.

Die Versuche über den Einfluss der Geschwindigkeit der Bewegung sind noch nicht abgeschlossen. Sie verlangen ein sehr exaktes Funktionieren des Apparates und grössere maschinelle Einrichtungen, wie sie mir nicht nicht zur Verfügung standen. Mit meinen einfachen

Mitteln konnte ich mich lediglich überzeugen, dass eine Variation der Geschwindigkeit in den mittleren Grenzen von ca. 20 cm pro Sek. bis

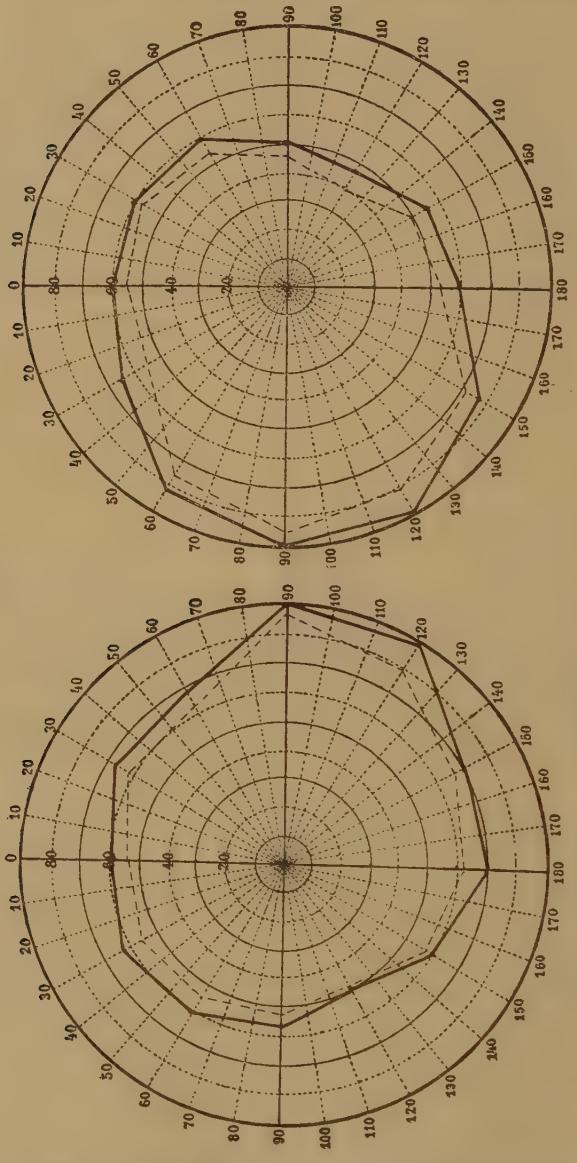


Fig. 2.

Normales Gesichtsfeld, aufgenommen mit Bewegungsreiz ——
mit ruhendem Reiz - - - - - - -

60 cm pro Sek. auf die Ergebnisse bezüglich der Ausdehnung des Gesichtsfeldes und der Genauigkeit der Angaben keinen merklichen

Einfluss ausübt. Bei stärkerer Herabsetzung der Geschwindigkeit wird das Gesichtsfeld für Bewegungsreize wesentlich kleiner. Dies war ja nach den Untersuchungen von Ruppert[1]) nicht anders zu erwarten. In meinen pathologischen Fällen, besonders denen von tabischer Atrophie wurden langsame Bewegungen in der Peripherie entschieden schlechter erkannt als beim Normalen. Messende Versuche konnte ich indes aus obenbesagten Gründen nicht anstellen, und möchte auch dieses Ergebnis mit aller Reserve mitteilen.

Durch diese Voruntersuchungen konnte ich mich überzeugen, dass die Methode zuverlässig ist, und dass auch geringe unvermeidbare Schwankungen bezüglich der Helligkeit, Geschwindigkeit, Schärfe der Abbildung usw. keinen bedeutenden Einfluss auf die gewonnenen Werte haben können.

Ein gemeinsames Ergebnis aller untersuchten Fälle war, dass das mit Bewegungsreizen in der eingangs beschriebenen Weise aufgenommene Gesichtsfeld die grösste Ausdehnung hatte. Auch mit grell beleuchteten weissen Marken in der gleichen Grösse liessen sich niemals grössere, meistens kleinere Gesichtsfelder aufnehmen. Diese Regel galt auch für die pathologischen Fälle. Der Unterschied zwischen dem mit dem Bewegungsreiz und dem mit ruhendem Reiz aufgenommenen Gesichtsfeld betrug beim Normalen im Durchschnitt ca. 3,5°. Fig. 2 zeigt das durch Heranziehung des arithmetischen Mittels bei sämtlichen normalen Fällen gewonnene Gesichtsfeld.

In sämtlichen pathologischen Fällen, die mit einer Einschränkung des Gesichtsfeldes einhergingen, zeigte sich der Unterschied zwischen den in gleicher Weise wie oben bestimmten Gesichtsfeldern vergrössert. Die analoge Durchschnittsrechnung ergab 7,5°. Fig. 3 zeigt das Gesichtsfeld einer tabischen Atrophie, bei dem der Unterschied zwischen den beiden Gesichtsfeldern besonders gross war.

Bemerkenswert war, dass in der Zone zwischen dem mit bewegtem und dem mit ruhendem Reiz aufgenommenen Gesichtsfeld das Objekt sofort als verschwunden angegeben wurde, sobald die Bewegung sistiert wurde.

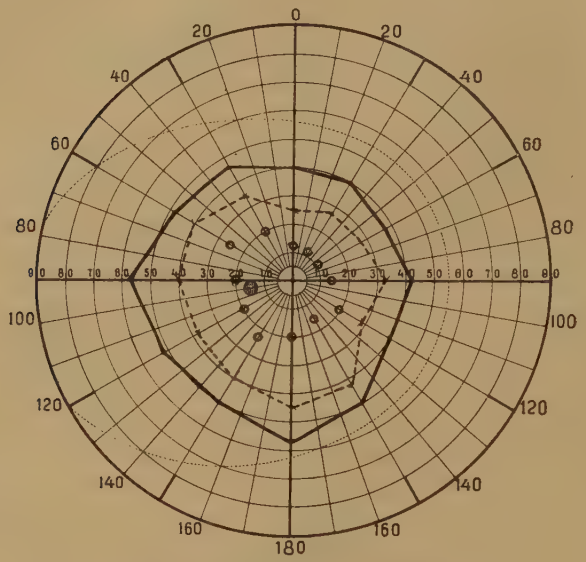
Ein weiterer Punkt, der mir bei Patienten auffiel, war, dass besonders in den Fällen von tabischer Atrophie das Erkennen der Richtung in der Peripherie beschränkt erschien. 20—30°, nachdem

---

1) Ein Vergleich zwischen dem Distinktionsvermögen und der Bewegungsempfindlichkeit der Netzhautperipherie. Zeitschr. f. Psychol., II. Abt., Bd. 42, 1908.

Bewegung angegeben wurde, konnte erst die Richtung sicher erkannt werden (vgl. Fig. 3). Bei einigen Normalen war dies allerdings auch,

Fig. 3.



Gesichtsfeld bei Atrophia nervi optici
aufgenommen mit Bewegungsreiz ——————
mit ruhendem Reiz - - - - - - - -
Richtung fehlerfrei bestimmt o o o o

wenn auch nicht in so ausgesprochenem Maſse, der Fall. Es scheint hier die Aufmerksamkeit eine bedeutende Rolle zu spielen. Ich möchte deshalb dem Richtungserkennen in der Peripherie nicht so viel Bedeutung beimessen. Immerhin veranlasste mich gerade die obige Beobachtung auch im zentralen Sehen, dem Ort der grössten Aufmerksamkeit, das Erkennen der Richtung eingehender zu prüfen.

Versuche über das Erkennen der Bewegungsrichtung.

Mit dem Seite 3 beschriebenen Apparat wurden die Versuche so angestellt, dass die Vp. monokular in einem Abstand von 3 m den runden Ausschnitt vor dem Rollenapparat, für den gewöhnlich 2 cm Durchmesser gewählt wurde, zu fixieren hatte. Der Apparat wurde dann in Bewegung gesetzt, und die Richtung der Bandverschiebung unter jedesmaligem Abdecken mit einer schwarzen Scheibe rasch ge-

ändert. Der Patient bekam einen Pfeil in die Hand und hatte die jeweilige Richtung der gesehenen Bewegung mit diesem Pfeil anzugeben. Die Abweichung der vom Pat. angezeigten Richtung von der objektiven Bewegungsrichtung wurde nach jedem Versuch notiert. Besonders wichtig erwies sich die Abdeckung und kurze Exposition bei raschen Bandverschiebungen. Lassen wir nämlich längere Zeit derartige rasche Bewegungsreize auf dieselbe Stelle der Netzhaut einwirken, so verlieren wir die sichere Orientierung über die Richtung und können je nach der Einstellung den Richtungseindruck beliebig ändern. Zur Erzielung des beschriebenen Effektes liess ich den Rollenapparat mit einer Geschwindigkeit der Bandverschiebung von 100 cm in der Sekunde bei 14 Wechseln zwischen Schwarz und Weiss laufen. Beim Normalen gelang dann im ersten Moment ohne Schwierigkeit die Richtungsbestimmung. Nach ca. 3 Sekunden strenger Fixation hörte die Sicherheit in der Richtungsbestimmung auf, und man konnte sie je nach der psychischen Einstellung beliebig ändern. Auffallend war jedoch, dass eine objektive Änderung der Richtung ohne Minderung der Wechselzahl und Geschwindigkeit sich sofort bemerkbar machte. Dieser Befund macht es wahrscheinlich, dass die Ursache für dieses Unsicherwerden in der Richtungsbestimmung nicht etwa in einer Verwischung durch die grosse Anzahl der Wechsel zu suchen ist, sondern dass das Sehorgan für eine bestimmte Richtung ermüden könne. Noch besser lässt sich dieses Phänomen in der Peripherie der Netzhaut beobachten, wenn man langsame Bewegungen enger (2 mm) Liniensysteme wählt. Es verschwindet dann nach einiger Zeit der Bewegungseindruck ganz analog dem Helligkeitskontrast, taucht aber sofort wieder auf, wenn man die Richtung der Bewegung ändert.

Wurde in der angegebenen Anordnung ein 15 cm langes zur Hälfte weisses, zur Hälfte schwarzes Band auf den Apparat gebracht und dasselbe mit einer Geschwindigkeit von 150 cm in der Sekunde in Umlauf versetzt, so war der maximale Fehler der Richtungsbestimmung bei allen untersuchten Normalen 45°. Eine geringe Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit hatte ein rasches Steigen des maximalen Fehlers, also ein Unsicherwerden in der Richtungsbestimmung zur Folge. Die Verschmelzungsfrequenz war bei der gewählten Beleuchtung mit ca. 30 Wechseln entsprechend einer Geschwindigkeit von 225 cm in der Sekunde erreicht. Wurde ein Band mit der doppelten oder vierfachen Anzahl von Wechseln auf den Apparat gebracht, so änderte sich die Geschwindigkeit, bei der eben noch die Richtung erkannt werden konnte, weit weniger, als jene,

bei der die Verschmelzung eintrat. In 10 untersuchten Fällen sank die kritische Geschwindigkeit für die Verschmelzungsfrequenz bei der doppelten Anzahl von Wechseln auf ca. 150 cm in der Sekunde, jene für das Richtungserkennen auf ca. 125 cm in der Sekunde. Bei der vier- und mehrfachen Anzahl von Wechseln war die Richtungsbestimmung bis unmittelbar vor dem Eintreten der Verschmelzungsfrequenz möglich. Die angegebenen Zahlen haben natürlich nur relativen Wert. Sie zeigen, dass das Richtungserkennen von der Zahl der Wechsel in der Sekunde wohl etwas abhängig ist, aber nicht in dem Mafse, dass wir für das Unsicherwerden im Richtungserkennen die vermehrte Anzahl der Wechsel allein als Ursache ansehen könnten. Die Winkelgeschwindigkeit der Bandverschiebung scheint hier den grössten Einfluss zu haben.

Für die Heranziehung von Patienten für die Untersuchungen erschien von grösster Bedeutung die Frage, welchen Einfluss die Sehschärfe auf das Richtungserkennen habe. Zunächst setzte ich bei Normalen durch Einsetzen von leicht mattierten Zelluloidscheiben in ein Probierbrillengestell die Sehschärfe bis zu 0,1 der Norm künstlich herab. Die kritische Geschwindigkeit sank dann kaum merklich von ca. 150 cm auf ca. 130—140 cm in der Sekunde. Ein ähnliches Verhältnis war bei Refraktionsanomalien zu konstatieren. Nach Abnehmen des korrigierenden Glases konnten Myopen die Richtung noch fast ebensogut erkennen.

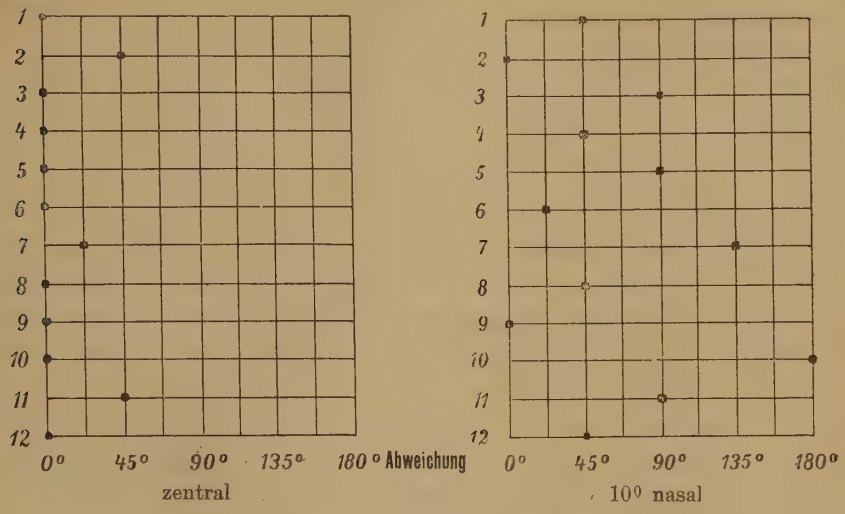
Diese relative Unabhängigkeit des Richtungserkennens von der Sehschärfe liess die Methode zur Untersuchung von Patienten mit verschiedener Sehschärfe geeignet erscheinen. Indes fielen meine Versuche bei Patienten nicht eindeutig aus. In vier Fällen von 6 tabischen Atrophien zeigte sich zwar, dass das Erkennen der Richtung schon bei einer Geschwindigkeit von 80—100 cm in der Sekunde unsicher wurde. Allein bei zwei Fällen, darunter einem mit sehr schlechtem Visus (R Finger in 5 m; L 0,1 p) war das Erkennen der Richtung nicht gestört.

Interessant waren die Ergebnisse in 3 Fällen von relativem zentralem Skotom. Hier wurde die Richtung bei fovealer Fixation sehr schlecht erkannt. Im peripheren Sehen dagegen erwies sich das Erkennen der Richtung wesentlich besser. Fig. 4 zeigt das Diagramm eines Falles von Hyeropie und Amblyopie mit zentralem Skotom für alle Farben.

Dieser Befund lässt an ein besonders langsames Abklingen der Reize im fovealen Gebiet bei herabgesetzter Empfindlichkeit denken [1]).

[1]) Vgl. C. Hess: Untersuchungen über das Abklingen der Erregung im Sehorgan nach kurzdauernder Reizung. Arch. f. ges. Physiol., Bd. 95, 1903.

Fig. 4.



Geschwindigkeit: 50 cm pro Sekunde.
Diaphragma: Loch von 1 cm.
Entf. d. Pat.: 2 m.

Erwähnt sei noch ein Fall von totaler Farbenblindheit mit Vis. 0,2, in dem die Richtung erstaunlich gut bis 200 cm in der Sekunde erkannt werden konnte.

Hatten diese Versuche bis jetzt auch wenig positive Ergebnisse, so zeigten sie doch die Möglichkeit, derartige Schwellenuntersuchungen über das Erkennen der Richtung bei Patienten in einfacher und einwandfreier Weise vorzunehmen. Man kann sich durch die rasche Veränderung der Richtung und die Markierung der gemachten Fehler in kurzer Zeit darüber orientieren, ob der Patient noch Anhaltspunkte für das Erkennen der Richtung hat oder nicht.

Zusammenfassung.

Bei der Aufnahme des Gesichtsfeldes mit regelmäfsigen Bewegungsreizen zeigte sich die Genauigkeit der Angaben vergrössert gegenüber Parallelversuchen mit ruhenden Reizen. Auch erschien die Beobachtung den Patienten und Versuchspersonen leichter. Die Grösse des Gesichtsfeldes erwies sich relativ unabhängig von der Schärfe der Konturen des bewegten Liniensystems, dessen Beleuchtung und dessen Geschwindigkeit, solange sie sich in mittleren Grenzen hielt.

In allen untersuchten Fällen hatte das mit Bewegungsreizen aufgenommene Gesichtsfeld die grösste Ausdehnung im Vergleich zu den mit ruhenden Marken aufgenommenen Gesichtsfeldern. In den pathologischen Fällen mit Gesichtsfeldeinschränkungen erwies sich dieser Unterschied merklich vergrössert. Das Erkennen der Richtung in der Peripherie zeigte sich besonders in 6 Fällen von tabischer Atrophie erschwert.

Bei den Versuchen über das Erkennen der Bewegungsrichtung im zentralen Sehen zeigte sich, dass bei sehr raschen Linienverschiebungen das Abschätzen der Bewegungsrichtung aufhört, wenngleich das Beobachtungsfeld noch flimmert. Bei langsameren Linienverschiebungen fällt beides, das Aufhören des Flimmerns und des Richtungserkennens zusammen. Bei raschen kontinuierlichen Bewegungsreizen beobachtet man ein schnelles Ermüden des Auges für die bestimmte Richtung.

Das Erkennen der Richtung erwies sich relativ unabhängig von einer künstlichen Herabsetzung der Sehschärfe. Die Versuche bei Patienten hatten keine eindeutigen Ergebnisse; konstant war nur die Verschlechterung des Richtungserkennens in den Gebieten relativer zentraler Skotome.

Überblicken wir die gemachten Beobachtungen, so müssen, wenn die wenigen pathologischen Fälle überhaupt Schlüsse zulassen, eher die geringen Störungen des Bewegungssehens auffallen, die wir dabei konstatieren konnten. Die theoretische Auslegung der langen Sichtbarkeit der Bewegungsreize in der Peripherie wird neben psychologischen Momenten, wie stärkere Erregung der Aufmerksamkeit, vor allem die geringere Ermüdung im Vergleich zu ruhenden Reizen in Betracht zu ziehen haben. Denn die rasche Ermüdung der peripheren Teile ist ja eben der Grund, weshalb die Perimeteruntersuchungen besonders mit langsam bewegten ruhenden Marken so ungenaue Resultate ergeben. Ob wir ausserdem den Bewegungsreizen noch eine andere Besonderheit zuerkennen müssen, wird sich zeigen, wenn wir in die Theorie derselben näher eingedrungen sind.

Herrn Geheimrat v. Hess, meinem verehrten Lehrer, bin ich für das grosse Entgegenkommen bei der Ausführung der Arbeit, sowie für manche Anregung im Verlaufe derselben zu grossem Danke verpflichtet.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit ist am 6. April 1888 als Sohn des späteren Verwaltungsgerichtsrates Alfred Stumpf und seiner Frau Thekla (geb. Escherich) in Aschaffenburg geboren, absolvierte in München das Gymnasium und widmete sich zunächst in Berlin unter Leitung seines Onkels, Herrn Geheimrat Dr. Carl Stumpf, philosophischen und insbesondere sinnespsychologischen Studien. Dadurch näher mit der Medizin in Fühlung gebracht, wandte er sich dieser zu, studierte dann in München weiter, und legte daselbst Ende 1912 die Approbationsprüfung ab.